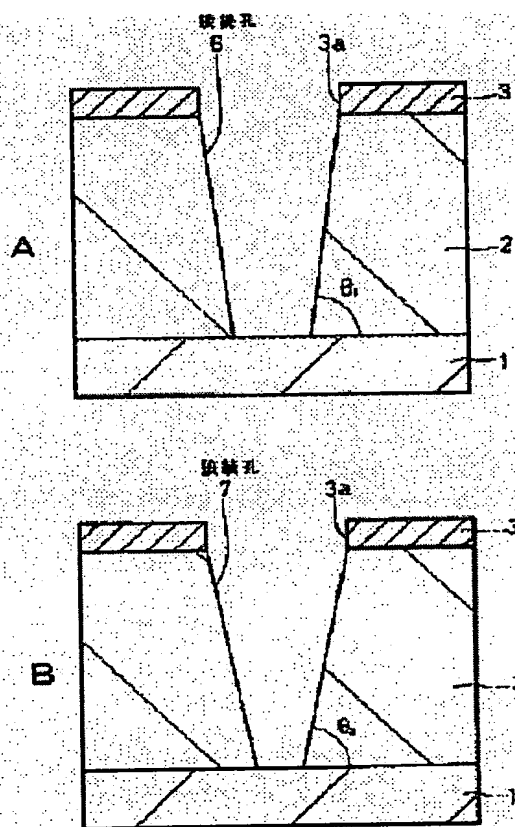


# METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR

**Patent number:** JP2001135617  
**Publication date:** 2001-05-18  
**Inventor:** MIYATA KOJI  
**Applicant:** SONY CORP  
**Classification:**  
- international: H01L21/3065  
- european:  
**Application number:** JP19990314100 19991104  
**Priority number(s):** JP19990314100 19991104

## Abstract of JP2001135617

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance throughput of an etching device and reduce the manufacturing cost of a semiconductor device, by increasing the etching speed of an organic film. **SOLUTION:** An organic film 2 and an SiO<sub>2</sub> film 3 are made in order on an Si substrate 1. A resist pattern having an opening is made on the SiO<sub>2</sub> film 3. The SiO<sub>2</sub> film 3 is etched with the resist pattern as a mask, and an opening 3a is made. The organic film 2 is etched to form normally tapered connection holes 6 and 7 with the resist pattern and the SiO<sub>2</sub> film 3 as masks, using the etching gas including the gas (CH<sub>3</sub>, OHC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, (CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, etc.), containing at least OH as the constituent element to serve as the generation source of an OH radical, as etching gas.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

M-1321

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-135617

(P2001-135617A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L	21/3065	H 0 1 L 21/28	V 4 M 1 0 4
	21/28	21/302	F 5 F 0 0 4
	21/768	21/90	S 5 F 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平11-314100	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号
(22) 出願日	平成11年11月 4 日 (1999. 11. 4)	(72) 発明者	宮田 幸児 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニー株式会社内
		(74) 代理人	100082762 弁理士 杉浦 正知

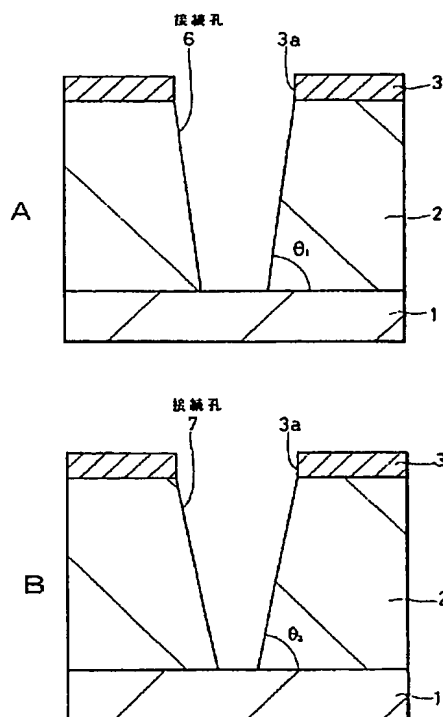
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 有機膜のエッチングにおけるエッチング速度を向上させて、エッチング装置のスループットを向上させ、半導体装置の製造コストの低減を図る。

【解決手段】 S i 基板 1 上に有機膜 2、S i O<sub>2</sub> 膜 3 を順次形成する。S i O<sub>2</sub> 膜 3 上に開口を有するレジストパターンを形成する。レジストパターンをマスクとして S i O<sub>2</sub> 膜 3 をエッチングし、開口 3 a を形成する。エッチングガスとして、O H ラジカルの発生源となる構成元素として少なくとも O H を含むガス (C H<sub>3</sub> O H、C<sub>2</sub> H<sub>5</sub> O H、(C H<sub>2</sub> O H)<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> O など) を含むエッチングガスを用い、レジストパターンと S i O<sub>2</sub> 膜 3 とをマスクとして有機膜 2 をエッチングし、順テーパ形状の接続孔 6、7 を形成する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 構成元素としてOHを含むガスが少なくとも添加されたエッチングガスを用いて、有機膜のエッチングを行うようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 上記構成元素としてOHを含むガスが、アルコールのガスであることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 上記構成元素としてOHを含むガスが、メタノールガス、エタノールガスおよびエチレングリコールガスからなる群より選ばれた少なくとも1種類のガスであることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 上記構成元素としてOHを含むガスが水蒸気であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 プラズマ中において、少なくともOHラジカルを発生させつつ上記有機膜の上記エッチングを行うようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 プラズマ中において、少なくともOHラジカルと $\text{CH}_x$ ラジカルとを発生させつつ、上記有機膜のエッチングを行うようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体装置の製造方法に関し、特に、有機膜のエッチングに適用して好適なものである。

**【0002】**

【従来の技術】近年、半導体装置における動作高速化および低消費電力化に向け、低誘電率絶縁材料を実用化して配線容量を低減する必要性が生じている。そして、この低誘電率材料としては、特に有機膜が有望視されており、実用化に向けて盛んに研究開発が行われている。

【0003】有機膜を実用化するためには、エッチングなどの加工方法の確立が望まれる。

【0004】ここで、量産性を考慮すると、有機膜の加工方法としては、プラズマを用いたドライエッチング法による加工が最も適した方法である。

【0005】従来、このドライエッチング法により有機膜を加工する場合においては、酸素( $\text{O}_2$ )ガスをエッチングガスとして用いることが多い。ところが、この $\text{O}_2$ ガスを、有機膜のエッチングの際にエッチングガスとして用いると、エッチング反応が等方的に進んでしまい、異方的に加工することができないという問題が生じる。

【0006】さらに、酸素ラジカルが有機膜中に拡散して反応してしまうため、有機膜の耐熱性や機械的強度が低下してしまう。これにより、 $\text{O}_2$ ガスをを用いたエッチ

ング法により有機膜を加工して、半導体装置の製造プロセスを進めると、プロセス途中で膜剥がれなどの不良が生じやすくなるという問題があった。

【0007】また、ドライエッチング法により有機膜を加工する場合において、窒素( $\text{N}_2$ )ガスをエッチングガスとして用いることもある。ところが、この $\text{N}_2$ ガスをを用いたドライエッチング法は、主に $\text{N}^+$ イオンによるスパッタエッチングであるため、有機膜を異方性良くエッチングすることができるという利点を有する反面、エッチング速度が非常に遅いという問題がある。

【0008】そこで、有機膜のエッチングを、 $\text{N}_2$ ガスと $\text{O}_2$ ガスとの混合ガスを用いて行う方法が提案された。このエッチング方法においては、 $\text{N}_2$ ガスと $\text{O}_2$ ガスとの配合比を変えることにより、エッチングの異方性とエッチング速度とのバランスが制御される。そのため、このエッチング方法においては、異方性とエッチング速度とはトレードオフの関係になってしまう。

【0009】そこで、さらに水素( $\text{H}_2$ )ガスをを用いた有機膜のエッチング方法が提案された。このエッチング方法を採用する場合、有機膜のエッチングは、 $\text{H}_2$ ガスと $\text{N}_2$ ガスとの混合ガスを用いて行われる。これにより、エッチング速度を向上させつつ異方性良く、有機膜をエッチングすることができる。なお、 $\text{H}_2$ ガスと $\text{N}_2$ ガスとの混合ガスの代わりに、アンモニア( $\text{NH}_3$ )ガスをを用いても同様の効果を得ることができる。

**【0010】**

【発明が解決しようとする課題】上述したように、有機膜のエッチングにおいて、異方性エッチングはほぼ実現され、可能となった。しかしながら、エッチング速度に関しては、若干向上したものの、未だ十分ではない。

【0011】また、半導体素子の微細化とともに、配線構造の高アスペクト比化が進むにつれ、さらに次のような別の問題が生じてきた。

【0012】すなわち、図5に示すように、シリコン( $\text{Si}$ )基板101上に有機膜102および $\text{SiO}_2$ 膜103を順次積層した後、リソグラフィ工程およびエッチング工程により $\text{SiO}_2$ 膜103および有機膜102の部分に、異方性良く、垂直形状で高アスペクト比の開口104を形成する。その後、スパッタリング法により、全面に、バリアメタルとしての窒化チタン( $\text{TiN}$ )膜105を製膜すると、この $\text{TiN}$ 膜105のカバレッジが悪化してしまう。

【0013】そして、 $\text{TiN}$ 膜105を下地として、開口104の内部にタングステン( $\text{W}$ )膜106を埋め込むと、開口104内の $\text{W}$ 膜106の内部にボイド107が発生するという問題が生じる。

【0014】この問題を回避するためには、図6に示すように、有機膜102の部分に順テーパー形状の開口108を形成する方法が有効である。このように、有機膜102の部分に形成する開口108を順テーパー形状に

することにより、その後形成されるTiN膜105のカバレッジが向上し、W膜106を形成する際のボイド107の発生を防止することができ、良好な配線構造を形成することができる。

【0015】しかしながら、上述したような、有機膜に順テーパー形状の開口を形成するエッチング技術は、実用的な技術として確立されていない。そのため、有機膜に順テーパー形状の開口を形成するエッチング技術に関する様々な開発が進められている。

【0016】このようなエッチング技術としては、エッチング時に用いるエッチングガスに、メタン( $\text{CH}_4$ )やエタン( $\text{C}_2\text{H}_6$ )などの炭化水素化合物ガスを添加する方法が検討されている。このエッチング方法によれば、パターン側壁に堆積膜を形成しながら有機膜をエッチングすることができるので、有機膜に順テーパー形状の開口を形成することができる。しかしながら、このエッチング技術においては、エッチング速度が極端に低下するという問題が生じる。

【0017】このように、エッチング速度が極端に低下してしまうと、エッチング装置におけるスループットが低下し、半導体装置の製造コストが上昇してしまう。

【0018】したがって、この発明の目的は、有機膜のエッチングを高速化し、エッチング装置におけるスループットを向上させることにより、半導体装置の製造コストの低減を図ることができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、この発明の第1の発明は、構成元素としてOHを含むガスが少なくとも添加されたエッチングガスを用いて、有機膜のエッチングを行うようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法である。

【0020】この発明において、エッチング速度を向上させるために、典型的には、構成元素としてOHを含むガスは、アルコールガスであり、好適には、メタノール( $\text{CH}_3\text{OH}$ )ガス、エタノール( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )ガスおよびエチレングリコール( $(\text{CH}_2\text{OH})_2$ )ガスからなる群より選ばれた少なくとも1種類のガスである。

【0021】この発明において、有機膜のエッチングを異方的に行うために、典型的には、構成元素としてOHを含むガスは、水蒸気( $\text{H}_2\text{O}$ )である。

【0022】この発明において、典型的には、プラズマ中において、少なくともOHラジカルを発生させつつ有機膜のエッチングを行うようにする。また、この発明において、有機膜のエッチングにおける異方性を保ちつつ、エッチング速度を向上させるために、好適には、プラズマ中において、少なくともOHラジカルと $\text{CH}_x$ ラジカルとを発生させつつ、有機膜のエッチングを行うようにする。

【0023】上述のように構成されたこの発明による半

導体装置の製造方法によれば、適度な酸化性を有するOHラジカルを発生させつつ、有機膜をエッチングすることができるので、有機膜におけるエッチングの促進を図ることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施形態の全図においては、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0025】まず、この発明の第1の実施形態による有機膜のエッチング方法について説明する。図1は、この第1の実施形態によるエッチング方法に用いられるエッチング検討用サンプルを示す。

【0026】図1に示すように、エッチング検討用サンプルにおいては、Si基板1上に、例えば回転塗布法により成膜された例えばフレア(FLARE、商品名)からなる有機膜2が設けられている。また、有機膜2上に例えばプラズマ化学気相成長(プラズマCVD)法により形成された酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )膜3が設けられている。また、 $\text{SiO}_2$ 膜3上には、接続孔の形成領域に開口4aを有するレジストパターン4が形成されている。このレジストパターン4は、KrF(フッ化クリプトン)エキシマレーザを有するステッパを用いたリソグラフィ工程により形成されたものである。また、 $\text{SiO}_2$ 膜3の部分には、レジストパターン4をマスクとしたドライエッチング法により形成された、開口3aが設けられている。この開口3aの直径は例えば $0.25\mu\text{m}$ である。

【0027】次に、以上のように構成されたエッチング検討用サンプルにおいて、レジストパターン4と $\text{SiO}_2$ 膜3とをマスクとして、有機膜2のエッチングを行う。この有機膜2のエッチングに用いられるエッチングガスは、構成元素としてOHを含むガスが少なくとも添加されたものであり、この第1の実施形態においては、構成元素としてOHを含むガスは、例えば水蒸気である。

【0028】ここで、この有機膜2のエッチングにおけるエッチング条件の一例を挙げると、

エッチング装置 : 拡散磁界型電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマエッチング装置

エッチングガス : アンモニア( $\text{NH}_3$ )ガス、(流量、 $100\text{ sccm}$ )

水蒸気( $\text{H}_2\text{O}$ )、(流量、 $5\text{ sccm}$ )

圧力 :  $1.0\text{ Pa}$

マイクロ波パワー :  $2\text{ kW}$

RFパワー :  $200\text{ W}$

基板電極温度 :  $-20^\circ\text{C}$

とする。

【0029】このエッチングにおいては、エッチングガスが水蒸気を含んでいることにより、プラズマ中にOH

ラジカルが発生する。このOHラジカルは、プラズマからの発光を分光分析することによって確認される。そして、このOHラジカルは、エッチングを促進する適度な酸化性を有しているので、有機膜2のエッチングが促進される。

【0030】また、上述のエッチング条件下におけるエッチング速度を測定したところ、エッチング速度は約600nm/分であり、従来のエッチング速度より増加していることが確認された。なお、OHラジカルにおける酸化性は酸素ラジカル(O\*)におけるほど強くないので、O<sub>2</sub> ガスを用いたエッチングのような等方性のエッチングが起こりにくい。また、OHラジカルが有機膜2の内部に拡散したとしても、OHラジカルは有機膜2中のダングリングボンドの終端に消費される。そのため、有機膜2にOHラジカルに起因するダメージが与えられないことがない。

【0031】そして、図2に示すように、この第1の実施形態によるエッチング方法により形成された接続孔5の加工形状は、ほぼ垂直な形状となった。

【0032】以上説明したように、この第1の実施形態によれば、ECRプラズマエッチング装置において、H<sub>2</sub>Oガスを添加したエッチングガスを用いて有機膜2をエッチングするようにしていることにより、エッチング装置内において適度の酸化性を有するOHラジカルを発生させることができるので、有機膜2をエッチングする際に、異方性を保ちつつエッチング速度を向上させることができる。これにより、エッチング時間を短縮することができるので、エッチング装置におけるスループットを向上させることができ、製造コストの低下を図ることができる。

【0033】次に、この発明の第2の実施形態による有機膜のエッチング方法について説明する。この第2の実施形態において用いられるエッチング検討用サンプルは第1の実施形態におけると同様であるので、説明を省略する。

【0034】この第2の実施形態によるエッチング方法においては、第1の実施形態におけると異なり、添加される構成元素としてOHを有するガスとして、エチレングリコール((CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub>)ガスを用いる。この場合のエッチング条件の一例を挙げると、

エッチング装置 : 拡散磁界型電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマエッチング装置

エッチングガス : NH<sub>3</sub> ガス、(流量、100sccm)

(CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub> ガス、(流量、2sccm)

圧力 : 1.0Pa

マイクロ波パワー : 2kW

RFパワー : 200W

基板電極温度 : -20℃

とする。

【0035】このエッチング条件下において有機膜2のエッチングを行うことにより、図3Aに示すように、テーパ角が $\theta_1$ で順テーパ形状の接続孔6が形成される。

【0036】次に、比較のため、添加される(CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub>ガスの流量を増加させて、エッチングを行った。このエッチング条件の一例を以下に挙げると、

エッチング装置 : 拡散磁界型電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマエッチング装置

エッチングガス : NH<sub>3</sub> ガス、(流量、100sccm)

(CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub> ガス、(流量、4sccm)

圧力 : 1.0Pa

マイクロ波パワー : 2kW

RFパワー : 200W

基板電極温度 : -20℃

とする。

【0037】このエッチング条件のもとで有機膜2のエッチングを行うことにより、図3Bに示すように、テーパ角が $\theta_2$ で順テーパ形状の接続孔7が形成される。

【0038】図3Aに示す接続孔6のテーパ角 $\theta_1$ と図3Bに示す接続孔7のテーパ角 $\theta_2$ においては、 $\theta_1 > \theta_2$ であることが確認された。これにより、(CH<sub>2</sub>OH)<sub>2</sub>ガスの流量を増加させると、有機膜2のエッチングにおいて、テーパ形状化がより強くなることが分かる。

【0039】上述の2通りのエッチング条件下におけるエッチングにおいては、プラズマ中にOHラジカルが発生するとともに、CH<sub>x</sub> (x=1~3)ラジカルも発生する。これらのOHラジカルおよびCH<sub>x</sub>ラジカルのうち、OHラジカルは、プラズマからの発光を分光分析することによって確認される。また、CH<sub>x</sub>ラジカルは、紫外域の光吸収分析法により確認される。

【0040】CH<sub>x</sub>ラジカルは、接続孔6、7の内壁面に炭化水素膜(図示せず)として堆積する。そして、このCH<sub>x</sub>ラジカル堆積により接続孔6、7の内壁面に炭化水素膜が形成されながら、エッチングが進行することにより、接続孔6、7の形成においてその加工形状が順テーパ形状となる。

【0041】また、OHラジカルによりエッチングが促進されることにより、エッチング速度の低下は最小限となる。ここで、このエッチングにおけるエッチング速度を測定したところ、約400nm/分であることが確認された。この第2の実施形態によるエッチングにおけるエッチング速度は、第1の実施形態における場合に比して低下してはいるが、エッチング速度としては十分な値である。

【0042】この第2の実施形態によれば、第1の実施形態におけると同様の効果を得ることができるとも

に、接続孔6、7の加工形状を順テーパー形状化することができる。

【0043】次に、この発明の第3の実施形態による有機膜のエッチング方法について説明する。この第2の実施形態において用いられるエッチング検討用サンプルは第1の実施形態におけると同様であるので、説明を省略する。

【0044】この第3の実施形態によるエッチング方法においては、第1の実施形態と異なり、構成元素としてOHを有するガスとして、エチレングリコール（ $(CH_2OH)_2$ ）ガスと $H_2O$ ガスとの混合ガスを用いる。

【0045】ここで、この場合のエッチング条件の一例を以下に挙げると、

エッチング装置：拡散磁界型電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマエッチング装置

エッチングガス： $NH_3$ ガス、（流量、 $100\text{ sccm}$ ）

$(CH_2OH)_2$ ガス、（流量、 $4\text{ sccm}$ ）

$H_2O$ ガス、（流量、 $5\text{ sccm}$ ）

圧力：1.0Pa

マイクロ波パワー：2kW

RFパワー：200W

基板電極温度： $-20^\circ\text{C}$

とする。

【0046】このエッチング条件下において有機膜2のエッチングを行うことにより、図4に示すように、順テーパー形状の接続孔8が形成される。

【0047】このエッチング条件下でのエッチングにおいては、第2の実施形態におけると同様に、プラズマ中にOHラジカルが発生するとともに、 $CH_x$ ラジカルも発生する。これらのOHラジカルおよび $CH_x$ ラジカルのうち、OHラジカルは、プラズマからの発光を分光分析することによって確認される。また、 $CH_x$ ラジカルは、紫外域の光吸収分析法により確認される。

【0048】 $CH_x$ ラジカルは、接続孔8の内壁面に炭化水素膜（図示せず）として堆積する。そして、この $CH_x$ ラジカルの堆積により接続孔8の内壁面に炭化水素膜が形成されながら、エッチングが進行する。そのため、接続孔8の形成においてその加工形状は順テーパー形状となる。

【0049】また、 $H_2O$ ガスから供給されるOHラジカルと $(CH_2OH)_2$ ガスから供給されるOHラジカルとにより、エッチングが一層促進される。これにより、エッチング速度の低下を一層抑えることができる。ここで、このエッチングにおけるエッチング速度を測定したところ、約 $500\text{ nm/分}$ であることが確認され

た。この第3の実施形態によるエッチングのエッチング速度は、第2の実施形態における場合に比しても増加しており、エッチング速度としては十分な値である。

【0050】この第3の実施形態によれば、第2の実施形態におけると同様の効果を得ることができるとともに、接続孔8の形成の際のエッチング速度を向上させることができる。

【0051】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0052】例えば、上述の実施形態において挙げた数値はあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる数値を用いてもよい。

【0053】また、上述の第2および第3の実施形態においては、構成元素としてOHを含むガスとして $(CH_2OH)_2$ ガスを用いているが、水酸基を有するアルコールガス、具体的には、 $CH_2OH$ ガス、 $C_2H_5OH$ ガスなどを用いることも可能である。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、この発明による半導体装置の製造方法によれば、構成元素としてOHを含むガスが少なくとも添加されたエッチングガスを用いて、有機膜をエッチングしていることにより、有機膜のエッチングにおけるエッチング速度を向上させることができるので、エッチング装置におけるスルーputを向上させることができ、半導体装置における製造コストの低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態における検討用サンプルを示す断面図である。

【図2】この発明の第1の実施形態によるエッチング方法を説明するための断面図である。

【図3】この発明の第2の実施形態によるエッチング方法を説明するための断面図である。

【図4】この発明の第3の実施形態によるエッチング方法を説明するための断面図である。

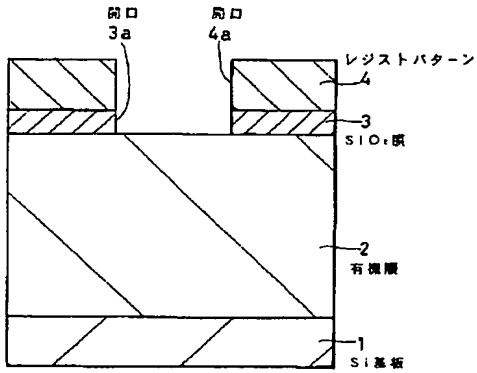
【図5】従来技術による問題点を説明するための断面図である。

【図6】従来技術による問題点を説明するための断面図である。

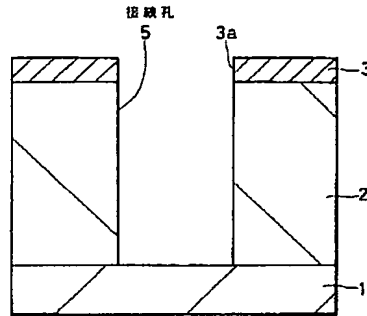
【符号の説明】

1・・・Si基板、2・・・有機膜、3・・・ $SiO_2$ 膜、4・・・レジストパターン、3a、4a・・・開口、5、6、7、8・・・接続孔

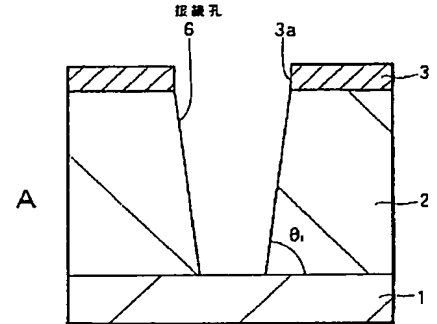
【図1】



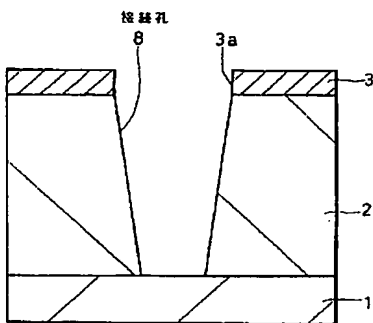
【図2】



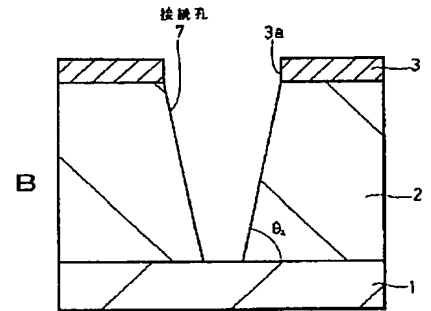
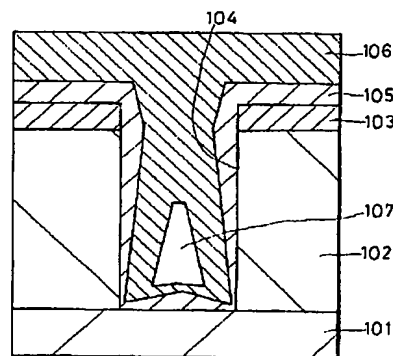
【図3】



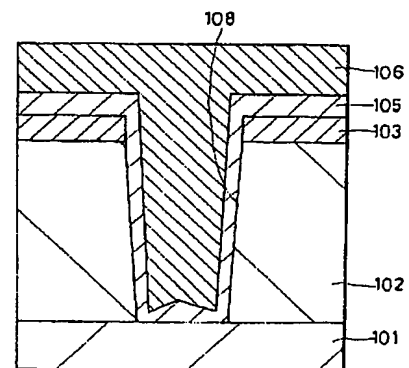
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M104 BB30 CC01 DD08 DD12 DD20  
FF22 HH13  
5F004 AA12 AA16 BA14 BB13 BB14  
CA04 CA06 DA00 DB00 DB23  
EA06 EA13 EA30  
5F033 KK01 NN32 QQ09 QQ10 QQ15  
QQ28 QQ30 QQ37 RR04 RR21  
SS15 SS21 TT04 XX02